

## Conforto Térmico em Bovinos Leiteiros a Pasto



*Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária  
Embrapa Cerrados  
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento*

## ***Documentos 342***

# **Conforto Térmico em Bovinos Leiteiros a Pasto**

*Isabel Cristina Ferreira  
Carlos Frederico Martins  
Álvaro Moraes da Fonseca Neto  
Heidi Christina Bessler Cumpa*

Exemplar desta publicação disponível gratuitamente no link:  
<https://www.bdpa.cnptia.embrapa.br/consulta/?initQuery=t>

### **Embrapa Cerrados**

BR 020, Km 18, Rod. Brasília/Fortaleza  
Caixa Postal 08223, CEP 73310-970 Planaltina, DF  
Fone: (61) 3388-9898, Fax: (61) 3388-9879  
[www.embrapa.br/cerrados](http://www.embrapa.br/cerrados)  
[www.embrapa.br/fale-conosco/sac/](http://www.embrapa.br/fale-conosco/sac/)

### **Comitê de Publicações da Unidade**

Presidente: *Marcelo Ayres Carvalho*  
Secretária executiva: *Marina de Fátima Vilela*  
Secretárias: *Maria Edilva Nogueira*  
*Alessandra Silva Gelape Faleiro*

Supervisão editorial: *Jussara Flores de Oliveira Arbues*  
Revisão de texto: *Jussara Flores de Oliveira Arbues*  
Normalização bibliográfica: *Shirley da Luz Soares Araújo*  
Editoração eletrônica: *Leila Sandra Gomes Alencar*  
Capa: *Leila Sandra Gomes Alencar*  
Fotos da capa: *Isabel Cristina Ferreira*

Impressão e acabamento: *Alexandre Moreira Veloso*

### **1ª edição**

1ª impressão (2017): 30 exemplares  
Edição online (2017)

### **Todos os direitos reservados**

A reprodução não autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610).

### **Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) Embrapa Cerrados**

---

C748 Conforto térmico em bovinos leiteiros a pasto / Ferreira, Isabel Cristina... [et al.]. – Planaltina, DF : Embrapa Cerrados, 2017.

47 p. – (Documentos / Embrapa Cerrados, ISSN 1517-5111, ISSN online 2176-5081, 342).

1. Controle Térmico. 2. Gado Leiteiro. 3. Bioclimatologia.  
4. Produção Leiteira. 5. Conforto Térmico. I. Ferreira, Isabel Cristina.  
II. Martins, Carlos Frederico. III. Fonseca Neto, Álvaro Moraes da.  
IV. Cumpa, Heidi Christina Bessler. V. Série. VI. Embrapa Cerrados.

---

591.7 – CDD 21

© Embrapa 2017

# **Autores**

## **Isabel Cristina Ferreira**

Médica-veterinária, doutora em Zootecnia,  
pesquisadora da Embrapa Cerrados, Planaltina, DF

## **Carlos Frederico Martins**

Médico-veterinário, doutor em Ciências Biológicas,  
pesquisador da Embrapa Cerrados, Planaltina, DF

## **Álvaro Moraes da Fonseca Neto**

Médico-veterinário, mestre em Zootecnia, analista  
da Embrapa Cerrados, Planaltina, DF

## **Heidi Christina Bessler Cumpa**

Bióloga, mestre em Ciências Biológicas, analista da  
Embrapa Cerrados, Planaltina, DF



# **Apresentação**

O sistema de produção de leite a pasto no Cerrado e em todo Brasil deve ser conduzido dentro das boas práticas da produção animal para ser mais rentável ao produtor rural. Os pilares que sustentam essa atividade são os cuidados com nutrição, sanidade, reprodução e manejo animal.

Dessa forma, é importante conhecer as ferramentas disponíveis para identificar a presença ou ausência de estresse térmico ambiental, bem como as estratégias de manejo para modificação do ambiente e, as respostas obtidas por meio de índices produtivos e reprodutivos em condições de conforto térmico animal.

Neste documento, são apresentados e discutidos resultados de ensaios que avaliaram os impactos do estresse por calor sobre o desempenho produtivo e reprodutivo de vacas de leite, considerando vários grupos genéticos em diferentes combinações de temperatura, umidade e demais variáveis climáticas.

A Embrapa espera que as informações disponibilizadas nesta publicação possam auxiliar na adoção e na melhoria das práticas de manejo de bovinos leiteiros a pasto visando conforto animal e, consequentemente, obtenção de maiores produção e produtividade.

*Cláudio Takao Karia*

Chefe-Geral da Embrapa Cerrados



# Sumário

Introdução.....	9
Estresse por Calor .....	11
Termoneutralidade.....	12
Formas de Perdas de Calor .....	13
Variáveis Meteorológicas Importantes .....	14
Índices de Estresse Térmico.....	16
Índice de temperatura e umidade (ITU) .....	16
Índice de globo negro e umidade (IGNU) .....	17
Índice de temperatura equivalente (ITE) .....	18
Índice de carga térmica (ICT).....	18
Variáveis Fisiológicas de Termorregulação .....	19
Grupos Genéticos.....	22
Categoria Animal.....	23
Efeitos do Estresse por Calor na Produção e Composição do Leite ....	24
Estresse por Calor e Qualidade de Gametas .....	26
Estresse por Calor e Eficiência Reprodutiva.....	28



Métodos para Reduzir os Efeitos Deletérios do Estresse por Calor ....	31
Fornecimento de sombra natural.....	31
Fornecimento de sombra artificial.....	34
Ventilação e aspersão .....	35
Nutrição .....	37
Fornecimento de água .....	38
Considerações Finais .....	39
Referências .....	40

# Conforto Térmico em Bovinos Leiteiros a Pasto

---

*Isabel Cristina Ferreira; Carlos Frederico Martins;  
Álvaro Moraes da Fonseca Neto;  
Heidi Christina Bessler Cumpa*

## Introdução

O conforto térmico de bovinos de leite a pasto em ambiente tropical é importante para manter a produção de leite e a reprodução adequadas. Assim, são necessárias ações para amenizar os efeitos deletérios do estresse por calor na produção, na reprodução e no bem-estar dos animais. O estresse térmico ambiental afeta o metabolismo animal e os processos de manutenção, reprodução e produção de leite (PIRES et al., 2010). Assim, para maximizar os sistemas de produção de leite a pasto é necessário cuidar do conforto animal, além da nutrição, da reprodução e da sanidade.

As consequências de um ambiente sem conforto térmico são relatadas em diferentes condições. As estimativas de perdas em produção de vacas de leite sob estresse por calor, nos Estados Unidos, variam de 68 kg/vaca/ano a 2.027 kg/vaca/ano. Tal amplitude é em função de níveis de produção, categoria animal, falhas reprodutivas, manejo e localização geográfica (ST-PIERRE et al., 2003). Na Austrália, as perdas estimadas são de 35 a 210 L/leite/vaca/ano (NIDUMOLU et al., 2011). No Brasil, Pires et al. (2010) e Ricci et al. (2013) estimam perdas entre 10% e 15%.

O conforto térmico dos animais a pasto pode ser obtido por meio de sombras. Quando essas são proporcionadas por árvores promovem o bloqueio da radiação solar, diminuem a incidência da radiação solar, reduzem a temperatura do ar por meio da evaporação da água das folhas e favorecem uma circulação desejável do ar sob a copa (BUCKLIN et al., 1991; VALTORTA e GALLARDO, 1996). Isso faz com que a sensação térmica seja menor (26 °C a 32 °C) quando comparada a céu aberto (36 °C a 40 °C) (PIRES, 2006). Paciullo et al. (2014) relataram que o fornecimento de sombra por meio de árvores para vacas ½ Holandês x ½ Gir, em lactação, incrementou a produção de leite em 9,7% (o que corresponde a 274,5 kg/vaca/ano) no primeiro ano de avaliação e foi igual nos dois anos seguintes.

As sombras artificiais podem ser obtidas por telas de polipropileno (sombrite) com redução da radiação entre 50% e 80%, com cobertura de telhas de cerâmica, com metal galvanizado, fibrocimento e outros materiais. Dependendo do material utilizado na cobertura, é possível diminuir cerca de 30% da carga térmica de radiação que o animal receberia se estivesse em pleno sol (BAÊTA E SOUZA, 2010).

No manejo diário de vacas leiteiras, a sala de espera para ordenha deve oferecer um ambiente confortável. Para tanto, proporcionar sombra é um dos primeiros recursos a serem utilizados. Segundo Cerutti et al. (2013), vacas com disponibilidade de sombra e aspersão na sala de ordenha produziram mais leite (13,97 kg/dia) quando comparado à sem sombra (11,24 kg/dia). O índice de temperatura e umidade da sala com sombra foi menor (71,34) do que a não sombreada (79,76).

Os principais parâmetros meteorológicos para medir o conforto térmico são a temperatura ambiente, a umidade, o vento e a radiação solar. A partir desses dados, obtêm-se índices ambientais que indicam se há conforto/desconforto térmico. Os principais parâmetros nos animais que indicam esse estado são os fisiológicos, como temperatura retal e frequência respiratória, além de taxa de sudorese e de temperatura superficial do pelame. Existem outros sinais, como alterações comportamentais, busca de sombra, diminuição de ingestão de alimentos ou alteração do padrão de ingestão.

Os objetivos deste documento foram abordar conceitos associados ao conforto térmico animal e relatar resultados científicos sobre estratégias para reduzir estresse por calor e/ou seus efeitos na produção, na qualidade do leite e na reprodução de bovinos leiteiros a pasto.

## **Estresse por Calor**

A definição correta de estresse quando aborda a inter-relação entre fatores ambientais e animais é importante porque invariavelmente confundem-se os termos nesta área de estudo (SILVA, 2008). Estresse é um componente estritamente ambiental, assim sendo, deve ser definido apenas em termos de ambiente. Dessa forma, o estresse por calor é o somatório das forças exercidas pelos componentes do ambiente térmico sobre um organismo, causando nele reações fisiológicas proporcionais à intensidade das forças aplicadas e à capacidade do organismo em compensar os desvios causados pelas forças. Outro conceito importante é a tensão, que é uma consequência do estresse e das características fisiológicas de cada animal (SILVA, 2000).

Os bovinos de leite são animais homeotérmicos, controlados pelo centro termorregulador do hipotálamo e pelo sistema endócrino, que, no intervalo de termoneutralidade, mantêm a temperatura constante, ou seja, a produção e perda de calor estão em equilíbrio, quando essas se estabilizam ocorre o estado de conforto térmico (SILVA, 2000).

O estresse por calor ocorre quando o somatório de forças externas que agem sobre um animal homeotérmico muda a temperatura corporal do estado de repouso e isso provoca tensões fisiológicas, metabólicas, celulares e moleculares. Nesse caso, as principais variáveis externas que podem mudar a temperatura do repouso são temperatura, umidade, radiação solar e vento (YOUSEF, 1988).

Nos sistemas de produção de leite em ambiente tropical no Brasil, predominam criações a pasto que ainda necessitam de adequações e melhor entendimento para fornecer conforto térmico aos animais. O

desconforto térmico é causado pela associação de altas temperaturas e umidade do ar, e incidência de radiação solar e baixa velocidade do vento, o que reduz a eficiência da perda de calor (Dikmen e Hansen, 2009), limitando o desenvolvimento, a produção e a reprodução dos animais (AVENDAÑO REYES et al., 2006).

## Termoneutralidade

Zona de termoneutralidade é a amplitude de temperatura ambiente, dentro da qual, um animal consegue manter sua situação térmica interna sem esforços físicos e/ou fisiológicos (SILVA, 2000). Na Tabela 1, apresentam-se as variações de temperatura relatadas por vários autores para zona de termoneutralidade, temperaturas críticas superiores e inferiores para diferentes grupos genéticos. Essas variações dependem da idade, da espécie, da raça, do consumo alimentar, da aclimatização, do nível de produção, do pelame do animal, entre outros (FUQUAY, 1981).

**Tabela 1.** Variações de temperatura ambiente para zona de termoneutralidade, temperaturas críticas superiores e inferiores para diferentes grupos genéticos de bovinos.

Grupo genético	Zona termoneutralidade (°C)	Temperatura máxima (°C)	Temperatura mínima (°C)	Autores
Zebuínos	10 a 32	30 a 35	0	Bianca (1965)
Holandês	4 a 26	-	-	Huber (1990)
Europeu	-	25 a 27	-	Fuquay (1997)
Europeu	7 e 21	-	-	Näås (1989)

Acima ou abaixo da temperatura crítica tem-se a condição de estresse pelo calor ou pelo frio, respectivamente. Quando a temperatura ambiente está abaixo da temperatura crítica inferior, o animal ativa o mecanismo de termogênese (aumento do metabolismo para manter a homeotermia) e a termoconservação (vasoconstrição periférica e

piloereção). Quando a temperatura ambiente está acima da temperatura crítica superior, o animal aumenta o processo de termólise para dissipar o calor produzido pelo corpo e o recebido pelo ambiente (BERMAN, 2011).

## **Formas de Perdas de Calor**

A perda de calor pode ser de forma sensível ou latente. Na primeira forma, a perda é por radiação, convecção e condução e provoca alterações na temperatura do ambiente (daí ser conhecida por sensível). Quando a temperatura do meio aumenta, a dissipação de calor por esses mecanismos é dificultada, pois diminui a diferença de temperatura entre a superfície do animal e do seu ambiente. A partir daí o animal ativa outros mecanismos como a sudorese e a frequência respiratória, por exemplo, calor latente. Entretanto, a eficiência de dissipação de calor diminui quando a temperatura ambiente está alta concomitantemente com umidade elevada (BERMAN, 2011).

O animal perde calor por radiação ao emitir raios caloríficos da sua superfície corpórea para um objeto mais frio, que esteja próximo. Perde também por convecção, quando o calor endógeno, aquece a água ou o ar que estão em sua volta. Com a movimentação do ar, as moléculas são transmitidas dos corpos mais quentes para os mais frios. No processo evaporativo, o animal perde calor pela evaporação do suor, das secreções das vias respiratórias e da saliva e pela perspiração cutânea. A perda de calor por condução ocorre pela transferência de calor da superfície do corpo de um animal que esteja mais quente para outro corpo mais frio, ao entrarem em contato (Berman, 2011). A dissipação por condução, convecção, radiação e evaporação é feita por meio de vasodilatação periférica, variação da frequência respiratória, da taxa de sudação, da piloereção, e do comportamento, entre outros (SILVA, 2000).

A resposta inicial do animal homeotérmico mantido sob estresse por calor é a vasodilatação periférica, leva calor do interior para periferia e dessa para o ambiente, por meio da condução e da convecção. Com

maior intensidade e duração do estresse por calor, a temperatura superficial aumenta, e se aproxima à temperatura corporal profunda, nesse momento a vasodilatação periférica não é mais efetiva para perder calor. Quando o animal encontra-se na zona de termoneutralidade, ocorre, por meio da respiração, constante perda de calor por evaporação e convecção. Mas, no ambiente quente, aumenta a perda de calor por evaporação advinda da respiração, da sudorese e da perspiração sensível cutânea (SILVA, 2000).

Altas umidades e radiações solares acentuam o efeito negativo de altas temperaturas. A alta umidade reduz o potencial de evaporação do animal seja por via cutânea ou respiratória. Enquanto a radiação solar incrementa o calor no processo metabólico, esse calor deve ser dissipado para manter a temperatura corporal. A presença de ventos diminui os efeitos de altas temperaturas (SILVA et al., 2007).

## **Variáveis Meteorológicas Importantes**

Entre as medidas térmicas de ambiente, a temperatura do ar é considerada a principal e varia em função da disponibilidade de radiação solar na superfície terrestre. A temperatura do ar pode ser obtida por meio de termômetros diversos e sensores em estação meteorológica automática a 1,5 m a 2,0 m acima da superfície e a unidade padrão é graus Celsius (°C) (PEREIRA et al., 2007).

A temperatura do ar é influenciada por diferentes fatores: os microclimáticos, como altitude, latitude, correntes oceânicas e massas de ar; os relacionados ao relevo, como configuração e exposição do terreno; e os relativos ao tipo de cobertura do solo (PEREIRA et al., 2007).

A temperatura do globo negro ou de Vernon é uma medida que associa a temperatura, a velocidade do ar e a radiação. É indicado para avaliar o microclima da região e simula a sensação de calor que os animais sentem (SILVA et al., 2007).

O globo de Vernon ou globo negro ou globotermômetro é uma esfera oca, de cobre, com 0,15 m de diâmetro, pintada externamente com duas camadas de tinta preto-fosca para maximizar a absorção de radiação solar. Em seu interior, é inserido um termômetro para leitura da temperatura, que é utilizada para obtenção do índice de temperatura e globo úmido (ITGU) (SILVA et al., 2007).

A umidade do ar é a quantidade de vapor de água presente na atmosfera. Existem quatro maneiras de medi-la: a umidade absoluta, a temperatura de ponto de orvalho, a pressão parcial de vapor e a umidade relativa, esta é obtida por psicrômetro (bulbo seco e úmido) ou higrômetro (SILVA e MAIA, 2013). Os sensores capacitativos são a forma de obtê-las em estações meteorológicas automáticas. Esses são constituídos de um filme de polímero, que absorve vapor d'água do ar alterando a capacitância de um circuito ativo. A unidade é em percentual (PEREIRA et al., 2007).

A radiação solar é uma variável que quantifica a disponibilidade de energia solar na superfície terrestre, ou seja, é a maior fonte de energia para a terra. Além de desencadear todo o processo meteorológico porque afeta temperatura, pressão, vento, chuva, umidade e outros. A radiação solar é mensurada por meio de piranômetro ou radiômetros e dada em  $W.m^{-2}$  (SILVA e MAIA, 2013).

Os deslocamentos de ar na atmosfera, no sentido horizontal, são denominados ventos. Esses ocorrem de áreas mais frias (maior pressão) para mais quentes (menor pressão). A maior velocidade desses deslocamentos é em função da maior diferença de pressão dessas áreas, mas também é afetado pela rugosidade e distância da superfície, quanto mais obstáculos e mais próximos à superfície menor a velocidade (SILVA e MAIA, 2013). Os ventos são quantificados quanto à velocidade e à direção. A velocidade calcula o deslocamento horizontal em m/s ou km/h, pelo anemômetro. A direção dos ventos é definida pelo ponto de origem, com oito direções: N, NE, NO, S, SE, SO, E e O, nos sistemas convencionais, pela biruta por meio de observação visual e, nos sistemas automáticos, os sensores digitais registram a direção em graus (PEREIRA et al. 2007).



## Índices de Estresse Térmico

Os índices podem ser ambientais quando as variáveis que compõem a equação são medidas de ambiente térmico, sem quantificar no animal. Os índices de conforto térmico são obtidos com equações que incluem variáveis medidas no animal, como parâmetros fisiológicos, e no ambiente térmico (SILVA e MAIA, 2013).

### Índice de temperatura e umidade (ITU)

Este índice ambiental foi desenvolvido por Thom (1958) para ser aplicado em humanos. Mas tem sido utilizado também como indicador para avaliação do conforto térmico de animais, principalmente bovinos. Existem oito equações distintas para obtenção do ITU. As mais utilizadas são obtidas a partir da temperatura e da umidade do ar:

$$ITU = Ta + 0,36Tpo + 41,2 \quad \text{ou} \quad ITU = 0,72(Tbs + Tbu) + 40,6$$

Em que:

Ta = temperatura ambiente (°C).

Tpo = temperatura do ponto de orvalho (°C).

Tbs = temperatura do bulbo seco (°C).

Tbu = temperatura do bulbo úmido (°C).

A partir dessa definição, vários pesquisadores iniciaram experimentos para definir os valores de ITU que caracterizam conforto térmico. As situações de conforto e estresse variam entre autores (HAHN et al., 1997; MARTELLO et al., 2004). Zimbleman et al., (2009) definiram que ITU maior que 68 causa estresse para vacas de alta produção. Em geral, para vacas de média produção e ambiente de clima temperado, valor de ITU igual ou inferior a 70 indica condição normal, não estressante; valores entre 71 e 78 são considerados críticos; entre 79 e 83 indicam perigo; acima de 83 constituem emergência (HAHN et al., 1997).

Segundo Bohmanova et al. (2007), o ITU não é um indicador adequado de estresse por calor em todas as regiões. Em regiões em que a umidade

é o fator mais importante, deve ser disponível um índice que considere mais a umidade. Em regiões em que o calor é mais limitante na produção, é necessário desenvolver um índice que pondere com maior peso a temperatura.

O uso do ITU foi indicado para vacas Holandesas em regiões de clima temperado, entretanto, para regiões de clima quente, a sugestão é realizar a correção desse índice para velocidade do vento e radiação solar porque deixa as estimativas mais precisas. O ITU apresenta limitações por ser uma representação empírica, além de assumir que todos os animais reagem da mesma forma a um agente estressor, e por não computar velocidade do vento, radiação e nem efeito do animal como grupo genético e idade (HAMMAMI et al., 2013).

### **Índice de globo negro e umidade (IGNU)**

É um índice ambiental, também conhecido como BGHI (black-globe humidity index), mais amplo que ITU porque agrega além da temperatura do ar, o efeito da radiação e da umidade do ar (BUFFINGTON et al., 1981).

É obtido pela equação a seguir:

$$\text{IGNU} = t_g + 0,36 t_w + 41,5$$

Em que:

$t_g$  = temperatura de um globo de Vernon, em °C.

$t_w$  = temperatura de bulbo úmido medida em um psicrômetro exposto à radiação solar direta, mas não ventilado artificialmente.

O National Weather Service/USA concluiu que valores de IGNU até 74 para bovinos definem situação de conforto; de 75 a 78 significam situação de alerta; de 79 a 84, perigo; e acima de 84, emergência (BAÊTA e SOUZA, 2010).

## Índice de temperatura equivalente (ITE)

O índice ambiental de temperatura equivalente foi desenvolvido para indicar estresse em gado de leite da raça Holandesa preta e branca em regime estabulado (BAËTA et al., 1987). Utiliza a seguinte equação:

$$\text{ITE} = 27,88 - 0,456 t_a + 0,010754 t_a^2 - 0,4905 U + 0,00088 U^2 + 1,1507 V - 0,126447 V^2 + 0,019876 U(t_a) - 0,046313 t_a(V)$$

Em que:

$t_a$  = temperatura do ar ( $^{\circ}\text{C}$ ).

$U$  = umidade relativa (%).

$V$  = velocidade do ar ( $\text{m.s}^{-1}$ ).

Para vacas leiteiras em ambiente tropical, os resultados obtidos pela equação indicam que valores de ITE menores do que 30 são seguros; entre 30 e 34 indicam cuidado; entre 34 e 38, extremo cuidado; e acima de 38, perigo extremo (SILVA et al., 2007).

## Índice de carga térmica (ICT)

Esse índice foi proposto por Gaughan et al. (2002) para bovinos de corte de raças europeias em confinamento, em temperatura ambiente acima de  $28^{\circ}\text{C}$ . Também é denominado Heat Load Index (HLI). A equação é:

$$\text{ICT} = 33,2 + 0,2 U_r + 1,2 T_g^* - (0,82 V)^{0,1} - \log(0,4 V^2 + 0,0001)$$

Em que:

$U_r$  = umidade relativa do ar (%).

$V$  = velocidade do vento.

$T_g^*$  = temperatura de globo predita, obtida por:  $T_g^* = 1,33 T_a - 2,65 T_a^{1/2} + 3,21 \log(S + 1) + 3,5$

Em que:

$T_a$  = temperatura do ar

$S$  = irradiância solar ( $W.m^{-2}$ )

A irradiância solar direta é obtida por meio de piranômetro contendo sensores que transmitem os dados por sistema automático. Para vacas leiteiras em ambiente tropical, os resultados obtidos pela equação indicam que valores de ICT menores do que 89 são seguros; entre 89 e 92 indicam cuidado; entre 92 e 95, extremo cuidado; e acima de 95, perigo extremo (SILVA et al., 2007).

## **Variáveis Fisiológicas de Termorregulação**

A temperatura retal é um parâmetro fisiológico indicador do balanço térmico e pode ser medida para indicar a adaptabilidade a ambientes quentes (Tabela 2). Quando a temperatura retal aumenta, o animal estoca calor que não é dissipado, ou seja, os mecanismos de termorregulação estão insuficientes para manter a homeotermia e, como consequência, pode haver a manifestação de efeitos deletérios do estresse por calor (BACCARI JÚNIOR, 2001). Esse parâmetro pode sofrer várias influências, como as provenientes do ambiente e do animal. A variação ocorre principalmente pelo período do dia, acompanhando a temperatura ambiente. No período da tarde, apresenta-se 0,5 °C a 1,5 °C mais elevada do que de manhã e, no verão, é mais alta que no inverno (Baccari Júnior, 2001), mas também em função da ingestão de alimentos e de água, estado nutricional, densidade animal, sombreamento, velocidade dos ventos, exercício e radiação solar (CARVALHO et al., 1995). Foi observado por Kadzere et al. (2002) que, quando a temperatura retal atinge valores superiores a 39 °C, a produção de leite declina. Souza et al. (2016) concluíram que, em vacas leiteiras mestiças, quando a temperatura retal ficou acima de 39,4 °C, ocorreu queda na taxa de prenhez.

As influências relacionadas ao animal são em função da idade, da raça, do sexo e do estado fisiológico (Tabela 2), bem como da capacidade

de adaptação do animal ao ambiente. No caso de zebuínos, são mais adaptados aos trópicos, o que os deixam menos sujeitos aos efeitos de ambientes quentes quando comparados aos bovinos taurinos (CARVALHO et al., 1995).

A temperatura superficial (Tabela 2) é um parâmetro indicativo da dissipação do calor pelos animais e pode ser medida por meio de termômetro de infravermelho obtendo-se a média das diferentes partes do animal. Entretanto, os valores obtidos dependem da umidade e da temperatura do ar, da velocidade do vento, como também da vascularização periférica e da evaporação pelo suor. Quando a temperatura ambiente aumenta, a eficiência da perda de calor sensível por meio da superfície da pele diminui (SILVA et al., 2012).

A frequência respiratória pode se elevar quando os bovinos utilizam esse recurso fisiológico para aumentar a perda de calor. Os valores normais (Tabela 2) podem ser influenciados não só pelas condições ambientais, mas também pelas respostas aos exercícios físicos, ao medo, à excitação, ao estado fisiológico e à produção de leite (STÖBER, 1993).

A frequência cardíaca (Tabela 2) é muito influenciada por fatores não ambientais. Os valores da frequência cardíaca de bovinos adultos acima de 90 e acima de 120 para bezerros indicam taquicardia (DIRKSEN et al., 1993). Entretanto, somente alteração na frequência cardíaca não é suficiente para indicar que o animal está sob estresse por calor, porque outros fatores, como raça, idade, trabalho muscular, ingestão, ruminação, gestação, podem influenciar a resposta (KADZERE et al., 2002). Hormônios tireoidianos e do crescimento podem ser reduzidos nos animais mantidos sob estresse por calor uma vez que o organismo animal diminui a produção de calor metabólico. Os valores considerados normais para os níveis hormonais estão na Tabela 2.

Tabela 2. Valores normais de variáveis fisiológicas de termorregulação em bovinos segundo diferentes autores.

Variável	Categoria/grupo genético	Normal fisiológico	Autores
Temperatura retal (°C)	Bovinos adultos	38,0 a 39,0	Dirksen et al. (1993)
	Bezerros	38,5 e 39,5	Dirksen et al. (1993)
	Zebuínos	38,5 a 39,7	Silva (2000)
Temperatura superficial (°C)	Vacas leiteiras europeias	31,6 (6 h) a 34,7 (13 h)	Martello et al. (2004)
	Fêmeas Nelore	35,2	Navarini et al. (2009)
Frequência respiratória (mpm) <sup>(1)</sup>	Todas categorías	24 a 36	Feitosa (2008); Dirksen et al. (1993)
	Bovinos	60 a 110	Dirksen et al. (1993)
Frequência cardíaca (bpm) <sup>(2)</sup>	Bovinos	41 a 70	Smith (1993)
Triiodotironina (T3) (µg dL <sup>-1</sup> )	Bovinos	3,6 a 8,9 <sup>1</sup>	Smith (1993)
Tiroxina (T4) (µg mL <sup>-1</sup> )	Bovinos adultos	5 a 10 l	
Hormônio do crescimento (GH) (ng/m)	Recém nascidos	10 a 15	Burton et al. (1994)
	Puberdade	15 a 18	

<sup>1</sup> mpm = movimentos por minuto

<sup>2</sup> bpm = batimentos por minuto

## Grupos Genéticos

O genótipo é o principal determinante na resistência ao estresse térmico. Raças de origem indiana são mais resistentes às condições tropicais, como altas temperaturas e umidade, em comparação àquelas que evoluíram em clima temperado. Essa adaptação ao clima quente é em razão da maior habilidade de genótipos termotolerantes de regular a temperatura corporal até ao nível celular (BERMAN, 2011).

As características anatômicas e fisiológicas que tornam um grupo genético mais adaptado ao calor que outro inclui a coloração e a espessura da pele, a cobertura e o tipo de pelos, além do tipo de glândula sudorípara e sua distribuição na pele. Peles com maiores teores de melanina retêm a radiação ultravioleta e, quando pigmentadas de preto, podem reter totalmente esse tipo de raios solares. Já as peles com menores teores de melanina podem ter efeitos da fotossensibilidade (TURNER, 1980; HANSEN, 2004; SILVA e MAIA, 2013).

A espessura da pele também influencia a troca de calor. Peles finas favorecem perda de calor, enquanto peles espessas a dificultam. A cobertura pilosa da pele é importante para proteger os animais da radiação solar. A presença ou não da medula é um critério adaptativo avaliado. Pelos medulados, como dos zebuínos, estão associados à maior adaptação ao clima tropical (SILVA e MAIA, 2013).

A cor dos pelos influencia na troca de calor. Pelos brancos ou claros equilibram a absorção e a reflexão de calor. Já com pelos pretos, ocorre quase totalmente a absorção de calor, o que pode comprometer características de adaptabilidade. Pelos vermelhos nas diferentes tonalidades têm absorção entre 70% e 80% e reflexão entre 20% e 30% (TURNER, 1980; HANSEN, 2004).

O comprimento e a espessura dos pelos também interferem na troca de calor. Pelos compridos e grossos formam uma camada que isola a perda de calor, já os pelos curtos e lisos facilitam a perda de calor

por convecção e refletem melhor a radiação solar. As glândulas sudoríparas também interferem nas trocas de calor por evaporação. Os zebuínos apresentam glândulas de maior volume e localizadas mais superficialmente na pele. A superfície externa do corpo também influencia na troca de calor. Quanto maior a superfície externa corporal maior a perda de calor sensível (TURNER, 1980; HANSEN, 2004).

As funções do endométrio, dos linfócitos e do embrião são mais afetadas pelo estresse por calor em *Bos taurus* do que em *Bos indicus* (ROCHA et al., 2012) porque a hipertermia pode comprometer em maior grau as funções das células associadas à reprodução em grupos genéticos menos adaptados, o que reflete nas respostas reprodutivas, como viabilidade embrionária e taxa de prenhez (HANSEN, 2004).

## **Categoria Animal**

Vacas leiteiras submetidas a estresse por calor apresentam respostas, como queda de consumo de matéria seca, o que pode refletir na produção e composição do leite. Fatores como duração do estresse e nível de produção de leite podem influenciar na resposta. Em vacas de maior produção, elevada quantidade de calor metabólico é gerada e sofrem mais intensamente os efeitos do estresse por calor, principalmente a queda na produção de leite (HANSEN, 2004).

A diferença da resposta entre vacas e novilhas quando submetidas ao estresse por calor pode ser explicada pelo fato de que a produção de calor metabólico de vacas em lactação é maior, o que pode levar à hipertermia. Em novilhas, como a produção de calor interna é menor, estas, podem ou não se tornar hipertérmicas. As vacas de primeira lactação apresentam maior chance de sucesso reprodutivo porque a reprodução está diretamente relacionada com menor produção de calor endógeno oriundo do processo fisiológico de produção de leite (que é menor quando comparado às vacas multíparas). E a resposta à reprodução pode ser melhor em novilhas e primíparas, quando há boa condição nutricional e corporal (ROCHA et al., 2012).



Holter et al. (1997) relatam que a menor ingestão de matéria seca decorrente do estresse por calor foi maior em vacas multíparas (22%) quando comparado com primíparas (6%). Tal resultado é atribuído ao menor tamanho corporal das primíparas, e a menor produção de calor metabólico.

## **Efeitos do Estresse por Calor na Produção e Composição do Leite**

A ocorrência de alterações na produção e na composição do leite, diante de estresse por calor, não é consenso entre diferentes autores, em razão das condições ambientais, do nível de produção animal e de outras variáveis.

A queda nos teores de gordura e na proteína do leite em vacas submetidas ao estresse por calor pode ser explicada em razão da diminuição de ingestão de matéria seca com consequente ingestão insuficiente do nível de fibras, o que pode reduzir teor de gordura. A queda dos teores de proteína pode ser explicada pela menor ingestão de teores de energia da dieta (HAMMAMI et al. 2013).

A produção de leite de vacas Jersey não foi alterada quando comparada em temperaturas de 15 °C e 30 °C. Entretanto, houve diminuição dos teores de gordura e de proteína no ambiente mais quente (BANDARANAYAKA e HOLMES, 1976).

Uma das formas de relacionar a queda na produção e na composição do leite é com índices térmicos. Ravagnolo e Misztal (2000) identificaram relação entre queda na produção e composição do leite quando o ITU excede 72. Para cada aumento de uma unidade de ITU há queda de produção de leite em 200 g, de gordura em 12 g e de proteína em 9 g.

Em vacas Holandesas, na Califórnia, em ambiente apenas com aspersores e outro com aspersores, ventiladores e sombra, não ocorreu alteração da composição do leite, mas a produção de leite aumentou

nas vacas que tinham ambiente com ventiladores, aspersores e sombra (2.324 kg x 2.404 kg) nos primeiros 60 dias de lactação (URDAZ et al., 2006).

Na Itália, Renna et al. (2010) verificaram o efeito do estresse por calor em vacas da raça Aosta em ITU de 61 a 72. Com o ITU mais elevado, observaram diminuição da produção de leite (10,2 kg/dia x 11,4 kg/dia), redução no consumo de matéria seca (13,7 kg/dia x 14,2 kg/dia MS), mas não encontraram alterações nos teores de gordura e proteína do leite.

Vacas da raça holandesa foram acompanhadas na primavera e no verão e verificou-se que a produção de leite diminuiu (42 L/dia x 39 L/dia), assim como os teores de gordura (3,25% x 2,62%) e proteína (3,15% x 2,75%) no verão (Joksimović-Todorović et al., 2011). Na Nicarágua, foram avaliadas vacas mestiças de zebu em ITU de 70 a 89 em pastos com e sem sombra e não foi observado alteração na produção de leite (AINSWORTH et al., 2012). Nesse caso, mesmo sendo um ambiente tropical e ITUs que indicam condição de estresse térmico, o grupo genético com alta proporção de Brahman e a baixa produção de leite (1,6 L/vaca/dia a 8,3 L/vaca/dia) podem ter contribuído para a ausência de diferenças significativas.

Um estudo de 12 anos com dados de 23.963 vacas holandesas de 604 rebanhos criados em região temperada, identificou queda de 955 g de leite, de 77 g de gordura e 52 g de proteína para cada unidade de aumento de ITU entre 70 e 74, considerado condição para expressar estresse por calor. Quando utilizado o índice de carga térmica (ICT) com valores entre 88 e 92, considerado extremo estresse por calor, as perdas em produção de leite, de gordura e de proteína foram respectivamente 298 g, 41 g e 23 g para cada unidade de aumento. Quando utilizado o ITE, com valores entre 23 e 26, estresse extremo, as perdas em produção de leite, de gordura e de proteína foram respectivamente 758 g, 62 g e 44 g para cada unidade de aumento (HAMMAMI et al., 2013).

Em outro experimento, vacas holandesas em ITU de 72 e 90 apresentaram queda na produção de leite (34,8 kg/dia x 30,4 kg/dia), aumento do teor de gordura (3,5% x 3,7%) e ausência de alteração na proteína (3,2%) com ITU mais elevado. Nas mesmas condições, vacas Jersey também diminuíram a produção de leite (27,1 kg/dia x 23,8 kg/dia) e o teor de proteína (3,7% x 3,6%), porém sem alterações no teor de gordura (SMITH et al., 2013).

## **Estresse por Calor e Qualidade de Gametas**

Os bovinos zebuínos e seus cruzamentos são mais resistentes ao estresse por calor que taurinos, mesmo assim, há evidências que suas funções reprodutivas podem ser comprometidas pelo calor (AYRES et al., 2014; OLIVEIRA et al. 2015; SOUZA et al. 2016). Em vacas zebuínas, na região do Cerrado e no Pantanal, Oliveira et al. (2015) relataram diminuição da taxa de prenhez de primíparas, mesmo com ITU médio, sem desafio extremo.

A redução da fertilidade associada ao estresse por calor no verão é um problema multifatorial, já que a hipertermia pode afetar a função celular de vários tecidos no trato reprodutivo da fêmea. O estresse térmico compromete a dinâmica folicular ovariana e a habilidade de exercer dominância pelo folículo. A perda de folículo dominante pode estar relacionada à redução das concentrações plasmáticas de estradiol  $17\beta$  e inibina e aumento das concentrações de FSH. O estresse térmico induz a codominância, o que pode comprometer a viabilidade dos ovócitos. Em vacas Nelore, a taxa de produção de embriões in vitro reduziu quando foram coletados durante o verão (TORRES JUNIOR et al., 2008).

Ovócitos de vacas holandesas obtidos durante o verão diminuíram o desenvolvimento no estágio de blastocisto após FIV, quando comparados à colheita de inverno (SARTORI et al., 2002). A proporção de embriões anormais em novilhas Holandesas aumentou quando elas

foram submetidas à temperatura de 26 °C e 68% de umidade entre início do estro e a inseminação artificial, quando comparados com animais na termoneutralidade (21 °C e 45% de umidade) (FERREIRA et al., 2011).

A exposição por longo prazo (28 dias) de vacas Gir (*B. indicus*) ao estresse térmico (durante o dia, 38 °C e 80% de umidade e, 30 °C, 80% de umidade durante a noite) teve um efeito deletério tardio na dinâmica folicular ovariana e competência do ovócito (TORRES JUNIOR et al., 2008).

Ovócitos de Nelore e de Jersey foram submetidos ao estresse por calor (41 °C por 6 horas), após 7 dias, verificaram que o estresse por calor diminuiu a porcentagem de ovócitos Jersey que se tornaram blastocistos (34,6% x 25,0%), mas não teve efeito sobre os da raça Nelore (39,5% x 33,0%) (SILVA et al., 2013). A taxa de prenhez (dia 30-35) de embriões Angus tendeu ( $P=0,1$ ) a diminuir quando embriões de Nelore e Angus foram submetidos a 41 °C por 12 horas e transferidos para receptoras no dia 7. A porcentagem de blastómeros apoptóticos aumentou quando submetidos ao estresse por calor, mas não teve efeitos específicos da raça (SILVA et al., 2013). Esses autores concluíram que os efeitos nocivos do estresse por calor foram dependentes da raça do embrião e foram mais evidentes em embriões *Bos taurus* do que em embriões *Bos indicus*.

Em machos, Bao Tarragó et al. (2013) avaliaram o efeito da disponibilidade de sombra a campo sobre características reprodutivas de touros Nelore na região Sudeste do Brasil e concluíram que a ausência de áreas sombreadas, durante o verão (com temperaturas média e máximas de 24,6 °C e 34,2 °C, respectivamente) não afetou negativamente a circunferência escrotal, a consistência testicular, a motilidade progressiva, a porcentagem de células com movimentos rápidos, a morfologia e a viabilidade espermática.

## **Estresse por Calor e Eficiência Reprodutiva**

Muitos experimentos mostram que vacas submetidas a estresse por calor diminuem a ingestão de alimentos e a produção de leite. Com a redução do consumo, permaneceram em balanço energético negativo por mais tempo. Nestas, os ácidos graxos não esterificados no plasma não elevaram, mas a disponibilidade de glicose (entrada de taxa de glicose celular) aumentou quando comparadas com vacas em ambiente termoneutro (WHEELLOCK et al., 2010).

Durante período de estresse por calor, ocorre um mecanismo adaptativo, em que a glicose é utilizada como uma fonte de energia, em vez de ácidos graxos não esterificados, para manter a produção de leite e a manutenção diária. Isso pode ter implicações sobre a fertilidade, uma vez que ovócito, embrião e conceito utilizam a glicose como fonte de energia. Estes, quando em desenvolvimento, são altamente dependentes dos níveis de glicose adequados para bom desenvolvimento e sobrevivência (SUTTON-McDOWALL et al., 2010).

A taxa de clivagem e o desenvolvimento de blastocistos foram severamente reduzidos in vitro em ambiente com baixa glicose quando comparado a ambiente com taxas normais de glicose (LEROY et al., 2006). O redirecionamento da glicose para combater os efeitos deletérios do estresse por calor e manter a produção de leite pode reduzir os níveis de glicose disponíveis para as funções reprodutivas. A taxa de concepção pode cair de 20% a 30% no verão quando comparada ao inverno. A incidência de anestro e estro silencioso aumentam no verão (RENSIS e SCARAMUZI, 2003).

No Brasil, a taxa de prenhez de vacas holandesas estabuladas diminuiu do inverno (71,2%) para o verão (45,7%) (PIRES et al., 2002). Em vacas leiteiras mestiças, em piquetes ou semiconfinadas, a taxa de prenhez do inverno (43,7%) foi maior que a do verão (26,9%) (AYRES et al., 2014), o mesmo foi relatado por Souza et al. (2016) com valores de 31,75% no outono-inverno e 25,49% na primavera-verão. As

inseminações realizadas pela manhã apresentaram maiores taxas de prenhez (32,86%) quando comparadas às vespertinas (26,06%).

Roman-Ponce et al. (1978) avaliaram efeito do estresse térmico em vacas da raça Pardo Suíço e verificaram diminuição em 40% do fluxo sanguíneo para o útero nos animais submetidos a estresse por calor. Já Rocha et al. (2012) abordam que como resposta da termorregulação em caso de estresse pelo calor, ocorre maior fluxo sanguíneo para as extremidades e, ao mesmo tempo, reduz o fluxo sanguíneo para os órgãos internos, incluindo o trato reprodutivo. Observa-se que o fluxo de sangue para o ovário, o colo uterino e a tuba uterina diminui de 20% a 30% durante o estresse térmico, enquanto há aumento do fluxo sanguíneo vulvar em 40%.

O ambiente uterino é comprometido em vacas com estresse por calor. Há diminuição do fluxo sanguíneo para o útero e aumento da temperatura uterina e essas mudanças inibem o desenvolvimento do embrião, aumentam a perda embrionária precoce e reduzem a proporção de inseminações com sucesso. A alta temperatura ambiente também afeta o estágio de pré-implantação do embrião, mas a magnitude desse efeito é reduzida com o desenvolvimento do embrião (RENSIS e SCARAMUZI, 2003).

García-Ispuerto et al. (2006) correlacionaram perdas gestacionais de fêmeas Holandesas com o ITU e observaram que ITU a partir de 65 já promove perdas de prenhez significativas (8%) e, quando o ITU ultrapassa 69, essas perdas chegam a 12%. Os autores observaram menores perdas gestacionais (2,1%) com ITU de 60 a 64 quando comparadas com os 12,3% com ITU acima de 69.

A produção de embriões em protocolos de superovulação é frequentemente reduzida e o desenvolvimento do embrião é comprometido na estação quente. O estresse por calor em vacas pode afetar a secreção de prostaglandina pelo endométrio levando à luteólise prematura e à perda embrionária, em sua maioria, antes de 42 dias de prenhez (RENSIS e SCARAMUZI, 2003).

A implantação do embrião requer sinais de interação entre o conceito e a mãe. Além das alterações no estroma do endométrio, o embrião sofre grandes alterações morfológicas, incluindo a angiogênese, como pré-requisito para formação dos cotilédones placentários. No dia 19 da prenhez, inicia-se a implantação superficial entre o trofoblasto e epitélio uterino. Nos dias 21 e 22, aproximadamente, as camadas epiteliais começam a aderir por interdigitação das microvilosidades e este processo de adesão continua durante 1 a 2 semanas. O período peri-implantação é, portanto, essencial na vida do embrião. Os resultados indicam que o estresse térmico agudo durante esta fase predispõe vacas prenhes à perda fetal precoce subsequentemente (GARCIA-ISPIETO et al., 2006). Esses mesmos autores relatam perdas gestacionais precoces de 7,8% decorrentes do estresse por calor de vacas Holandesas-Friesan na Espanha, em situação de temperatura máxima de 31,5 °C e umidade de 81%.

O estresse por calor interfere nas funções celulares por meio da inibição da síntese de DNA e da transcrição, o que impede a progressão do ciclo celular. Pode ocorrer ainda a desnaturação e a desagregação de proteínas, aumentar a degradação pela rota dos lisossomas e proetossomas, romper os componentes do citoesqueleto. Isso altera a permeabilidade da membrana, o que aumenta os níveis intracelulares de  $\text{Na}^+$ ,  $\text{H}^+$ , e  $\text{Ca}^{2+}$ . O incremento de cálcio intracelular eleva a atividade de proteínas cinases de cálcio calmodulina-dependente e outras cascatas de sinalização, o que modifica todo o metabolismo e promove a redução do ATP da célula (SONNA et al., 2002). Como consequência, falta energia para todas as funções celulares.

A transferência de embrião em tempo fixo (TETF) tem melhorado a taxa de prenhez em vacas sob estresse por calor. Essa técnica aumentou o número de vacas que são inseminadas no estro e diminui o efeito negativo do estresse por calor e reduziu o efeito da infertilidade no verão (RENSIS e SCARAMUZI, 2003). Isto ocorre porque nas receptoras serão implantados embriões viáveis em estágio de desenvolvimento menos crítico. Pois, o estresse por calor afeta, em maior proporção, a fase de desenvolvimento embrionário precoce (embriões de duas a quatro

células são mais sensíveis) e a fase de maturação final do ovócito. Uma vez que a fertilização e desenvolvimento inicial do embrião ocorram in vitro, sob condições controladas, previne a interação entre o gameta e o animal hipertérmico. Dessa forma, o conjunto desses fatores aumenta a possibilidade de completar a gestação e diminuir os efeitos de altas temperaturas (FERREIRA et al., 2011; HANSEN, 2013).

## **Métodos para Reduzir os Efeitos Deletérios do Estresse por Calor**

### **Fornecimento de sombra natural**

A sombra para vacas leiteiras aumenta a sua produção e melhora os índices reprodutivos porque alivia a intensidade da radiação solar e consequentemente os efeitos prejudiciais do estresse por calor o que pode ser observado pela redução da frequência respiratória e da temperatura retal do animal. O benefício da sombra depende da raça (COLLIER et al., 2006) e da cor do pelame (BLACKSHAW e BLACKSHAW, 1994). A sombra não remove todos os efeitos danosos do estresse por calor. Titto (1998) relata que, quando existe fornecimento de sombra para vacas em lactação, há incremento de 12% a 15% na produção de leite, a taxa de concepção pode aumentar até 20% e o número de serviços por concepção pode reduzir 50%.

Os efeitos do estresse por calor durante o último trimestre da gestação em vacas e novilhas de leite foram avaliados num grupo com acesso à sombra natural e outro sem. Foi observado que os bezerros nasceram mais leves no grupo sem sombra (36,6 kg x 39,7 kg), porém a produção de leite aos 305 dias não diferiu estatisticamente (6.758 kg x 5.948 kg) (COLLIER et al., 1982).

Vacas mestiças Holandês-Zebu, mantidas em sistema silvipastoril com sombra e no pleno sol, preferiram ficar mais ao sol que à sombra no inverno. No verão, preferiram sombras de espécies arbóreas com copas globosas e densas. Entre as estações do ano, o tempo despendido com atividades de pastejo, ruminação e ócio foi igual. No inverno, os animais



preferiram ficar deitados ao sol e, no verão, deitados à sombra. Dessa forma, o sol do inverno (ITU de 61 a 70), não foi fator estressante para animais mestiços. E, no verão (ITU de 72 a 80), os animais procuraram ambientes sombreados. Assim, infere-se a necessidade da provisão de sombra para oferecer conforto térmico (LEME et al., 2005).

Kendall et al. (2006) avaliaram produção de leite e comportamento ingestivo de vacas leiteiras Holandesas Friesan na Nova Zelândia. Testaram ambientes com e sem sombra e temperatura máxima atingindo 27,8 °C. Nessa situação, a produção de leite foi maior nas vacas com acesso à sombra (17,7 kg/vaca/dia) x piquetes sem sombra (17,2 kg/vaca/dia). A composição do leite e o tempo total de pastejo não foram alterados.

Sob a presença e ausência de sombra no pasto, com temperatura máxima de 27 °C, as vacas Holandesas-Friesan na Nova Zelândia começaram a utilizar a sombra quando a temperatura ficou acima de 25 °C e houve aumento de 3% na produção de leite das vacas que tiveram acesso à sombra. As vacas com disponibilidade de sombra tiveram menor pico de temperatura corporal, mas a temperatura média diária não alterou (FISHER et al., 2008).

O efeito da altura e a presença de árvores no microclima em sistemas silvipastoris formados com eucalipto plantados foram avaliados em quatro ambientes distintos: um sistema sem árvores e três sistemas silvipastoris com renques de eucalipto com 8 m, 18 m e 28 m de altura no verão. Observou-se que o sistema com árvores de 28 m foi o que promoveu os menores valores de médias de temperatura do globo, de velocidade do vento, de ITGU, de carga térmica de radiação e de índice de carga térmica (ICT), no verão. A velocidade do vento diminuiu nos sistemas com árvores e teve influência da porosidade dos renques e da altura das copas. A carga térmica de radiação reduziu proporcionalmente com a presença das árvores, com 10,24%; 12,49% e 20,76%. Os efeitos negativos do estresse por calor reduziram com a presença de árvores e o ICT foi o que melhor representou esse efeito (SOUZA et al., 2010).

Em pastagens sombreadas no Mato Grosso do Sul, o ITGU indicou melhor condição de conforto (79) em áreas com árvores nativas (Cambará e Cumbaru) dispersas (5 árvores/ha) quando comparadas com eucalipto espaçados a 14 m (357 árvores/ha) e a 22 m (227 árvores/ha) que foi de 81. A eficiência da sombra para melhorar o microclima é em função do formato da copa e densidade de ramos e folhas das árvores. Copas redondas reduzem 20% da temperatura do globo, enquanto a forma elipsoidal do eucalipto reduz de 7% a 11% (KARVATTE JUNIOR et al., 2016).

As características da pastagem de *Brachiaria decumbens* e o desempenho de novilhas em sistema silvipastoril em consórcio com quatro espécies de árvores (105 árvores/ha) e em monocultura foram avaliados. O teor de proteína bruta foi maior no silvipastoril na estação chuvosa, enquanto a fibra em detergente neutro e a digestibilidade in vitro da matéria seca não variaram com o tipo de sistema. Os ganhos de peso por animal e por hectare na estação seca não variaram, mas, durante a estação chuvosa no primeiro e terceiro anos do experimento, foram maiores no silvipastoril (512 g/dia), quando comparado ao monocultivo (452 g/dia). Os ganhos anuais de peso corporal também foram maiores no silvipastoril (355 kg/ha) do que no monocultivo (317 kg/ha). Portanto, o sistema silvipastoril é mais eficiente para a criação de novilhas leiteiras do que o monocultivo em razão dos ganhos obtidos (PACIULLO et al., 2011).

Três ambientes de sala de espera para vacas mestiças Holandês-Zebu foram avaliados no Piauí: o primeiro com acesso livre à sombra natural de 6 m<sup>2</sup>/animal e à água, o segundo com exposição na sala de espera por 1 hora de sol e o terceiro com exposição por 2 horas de sol e ambos sem água. A produção de leite caiu em 2,46 kg nas vacas que ficaram no ambiente com 2 horas de radiação solar com ITU de 73, quando comparado aos demais ambientes (ITU abaixo de 69). Os parâmetros fisiológicos para esse grupo de animais indicaram estar fora da zona de termoneutralidade (DIAS e SILVA et al., 2012).

O efeito da área de sombra natural a pasto ( $0 \text{ m}^2/\text{vaca}$  a  $15,6 \text{ m}^2/\text{vaca}$ ) foi avaliado por dois verões seguidos em oito rebanhos comerciais da raça Holandesa na Nova Zelândia em local com ITU médio de 70 e temperatura média de  $23^\circ\text{C}$ . Observou-se que vacas sem sombra passaram 4% mais tempo deitadas do que vacas com sombra. A maior parte do rebanho teve escores ofegantes  $\geq 2$  (respiração rápida, presença de saliva, sem boca aberta) e as taxas de respiração foram em média 73 respirações/min, quando estavam sem sombra. A medida que aumentou  $1 \text{ m}^2$  na área de sombra elevou em 3,1% o rebanho sob a mesma, simultaneamente. Quando foi fornecido área de sombra de  $2 \text{ m}^2$ , todas as vacas foram vistas pela primeira vez simultaneamente usando sombra. Para cada aumento de  $1 \text{ m}^2$  de sombra, 0,3% menos vacas tinham pontuação ofegante  $\geq 2$  (SCHÜTZ et al., 2014).

O espaço de sombra recomendado para vacas de leite varia de  $3,5 \text{ m}^2/\text{vaca}$  a  $5,6 \text{ m}^2/\text{vaca}$  (BUFFINGTON et al., 1983; COLLIER et al., 2006). Entretanto, Schütz et al. (2014) questionam essas medidas porque são valores baseados em variação na produção de leite e no ganho de peso, entretanto, quando essas diferenças são detectadas, já ocorreram mudanças fisiológicas e comportamentais para adaptação ao estresse por calor. E, ainda, afirmam que a maioria das recomendações é obtida a partir de pequenos grupos experimentais e que, para grandes rebanhos, com diferentes interações sociais, pode ser necessário maior espaço de sombra.

## Fornecimento de sombra artificial

O método mais comum de obter sombra artificial é por meio da tela de polipropileno (sombrite) (BAÊTA e SOUZA, 2010). Para a construção da estrutura para instalar o sombrite, é necessário ter critérios como altura mínima de pé direito de 3 m até no máximo 4,5 m, inclinação de 15% para não acumular água da chuva e 1,5% a 2,5% de declive do solo (PIRES e CAMPOS, 2004; MANNA et al., 2014).

Na maioria dos sistemas de produção, o sombrite é construído nos piquetes, na área próxima ao bebedouro, devem ter inclinação para drenagem de água e evitar acúmulo de lama. Quando o sombrite é terra

batida, o uso indicado é no sentido norte-sul para que haja raios solares para secar a umidade e os animais se movimentarem sobre a sombra. Para piso de concreto, a orientação indicada é leste-oeste em razão da necessidade de maximizar a sombra e ter facilidade de limpeza (PIRES e CAMPOS, 2004; MANNA et al., 2014). A área de sombra por animal deve ter de 1,8 m<sup>2</sup> a 2,5 m<sup>2</sup> quando o clima é seco, e de 4,2 m<sup>2</sup> a 5,6 m<sup>2</sup> por animal em clima mais úmido (VALTORTA e GALLARDO, 1996).

Schütz et al. (2010) compararam a área de sombra e observaram o comportamento e a fisiologia de vacas holandesas. Foram testados três tratamentos: 2,4 m<sup>2</sup>/vaca, 9,6 m<sup>2</sup>/vaca e outro sem sombra, com observações das 10 h às 15h50. Vacas na área de 9,6 m<sup>2</sup> ficaram na sombra duas vezes mais tempo do que aquelas em 2,4 m<sup>2</sup>, além de apresentar poucas interações agressivas. O tempo gasto para beber água nos dois tratamentos com sombra foi menor quando comparado às vacas sem sombra. A produção de leite não diferiu entre os tratamentos, variando de 18,8 L/dia a 18,2 L/dia.

Khongdee et al. (2010) compararam cobertura com tela de polipropileno de 70% de retenção e galpão aberto com telha de zinco na Tailândia para vacas mestiças (87,5% Holstein Friesian 12,5% Brahman) com ITU médio de 80. A produção de leite e ingestão de concentrado foram maiores nos animais sob sombrite (10,1 kg/dia x 8,3 kg/dia e 5,4 kg/dia x 4,6 kg/dia, respectivamente). A temperatura retal e frequência respiratória foram menores na cobertura de sombrite. Os parâmetros reprodutivos não sofreram alteração.

## **Ventilação e aspersão**

O ambiente da sala de espera para ordenha também deve ser confortável. O movimento do ar é um fator importante para aliviar os efeitos do estresse por calor, pois auxilia na sua perda por convecção e evaporação, além de renovar o ar dentro de galpões.

A ventilação pode ser natural ou artificial (esta com ventiladores ou exaustores). A ventilação artificial, quando disposta de maneira adequada quanto ao número, disposição e capacidade dos

equipamentos, melhora o ambiente e favorece a perda de calor (RENAUDEAU et al., 2012). A ventilação natural é uma estratégia de baixo custo e pode ser otimizada quando se evita barreiras de circulação de ar próximo às construções e utilizam lanternim para saída de ar na parte mais alta do telhado (PIRES e CAMPOS, 2004).

Os ventiladores geralmente têm de 60 cm a 90 cm de diâmetro e ficam suspensos no teto com uma linha de aspersores em sua frente, o que cria uma atmosfera com pequenas gotas de água que umedecem a superfície das vacas para favorecer a perda de calor por evaporação, condução e convecção. Esse sistema pode operar em diferentes tempos de acordo com as condições climáticas. A aspersão de água na pele é outro método efetivo para perda de calor porque aumenta a taxa de condução e convecção da água (AVENDAÑO REYES, 2012).

Flamenbaum et al. (1986) avaliaram o efeito do resfriamento de vacas leiteiras com aspersores por diferentes tempos e, na sequência, utilizou ventilação forçada. Resfriar as vacas por 15, 30 e 45 minutos diminuiu a temperatura retal em 0,6 °C; 0,7 °C e 1,0 °C, respectivamente. Vacas submetidas ao resfriamento cinco vezes ao dia por 30 minutos mantiveram a temperatura entre 38,2 °C e 38,9 °C, menor que as não resfriadas.

O aumento da produção de leite com uso de ventilação e de aspersão é variável, pois dependem do nível de produção das vacas e ITU do ambiente. O uso somente de ventilação aumentou de 2,3 kg/vaca/dia a 4,0 kg/vaca/dia, já a aspersão aumentou de 3,9 kg/vaca/dia a 7,5 kg/vaca/dia (ARMSTRONG, 1994).

A utilização de ventilação e aspersão para vacas secas também tem benefício. O uso concomitante de ventilação e aspersão para vacas secas aumentou a produção em até 3,5 kg/vaca/dia, na próxima lactação (WEST, 1999). Avendaño Reyes et al. (2006), avaliando o efeito de ventilação + aspersão no pré-parto de vacas holandesas com ITU entre 76 e 82, registraram aumento de 2 kg/vaca/dia na próxima lactação.

Ambientes com três combinações de sombras foram avaliados para vacas leiteiras: sombras artificiais produzidas por tela de polipropileno com retenção de 80%, sombras idênticas às anteriores mais ventilação e sombras combinando ventilação e aspersão. A maior produção de leite foi no ambiente sombra + ventilação + aspersão (20,53 kg/vaca/dia), seguido de sombra + ventilação (19,19 kg/vaca/dia) e somente sombra (18,20 kg/vaca/dia) (NÄÄS e ARCARO JUNIOR, 2001).

## Nutrição

Bovinos de leite mantidos sob estresse por calor aumentam as exigências de manutenção porque o gasto energético para tentar manter a homeotermia é maior e, ao mesmo tempo, há redução na ingestão de matéria seca, apresentando um evidente desequilíbrio energético. Para amenizar essa condição, juntamente com a mudança do ambiente, pode-se ajustar a dieta. Animais que têm a alimentação exclusiva na pastagem ou na sua maioria consomem uma dieta rica em fibra, que às vezes é de baixa qualidade, apresentam maior produção de acetato e, conseqüentemente, maior produção de calor pelo metabolismo do acetato quando comparado ao propionato proporcionado por dietas ricas em concentrado. Portanto, as alterações do manejo nutricional para bovinos sob estresse por calor visam diminuir o incremento calórico, que é o gasto energético associado com a digestão e absorção do alimento. Vacas de alta (31,6 kg/dia) e média (18,5 kg/dia) produção de leite têm a produção de calor aumentada em 48,5% e 27,3%, respectivamente, quando comparadas às vacas secas (WEST, 1999).

O manejo nutricional para vacas leiteiras sob estresse por calor inclui o fornecimento de dietas mais densas energeticamente, com fibras de alta fermentação, menor degradabilidade de proteínas e maior proporção de nutrientes protegidos, além de fornecer água de qualidade em abundância. Os exemplos dessas dietas são pastagens tenras, silagens de alto teor de grãos, concentrados ricos em gorduras (não mais que 7% da dieta total). Além de suplementação com minerais, como sódio, potássio e magnésio, para repor as perdas pelo suor e saliva. As quantidades indicadas de suplementação são de 1,3% a 1,5% de potássio, 0,5% de cloreto de sódio e 0,3% de magnésio. É importante

adicionar 1% de bicarbonato de sódio para tamponar a dieta e aumentar a frequência de fornecimento do alimento ao longo do dia, além de aumentar o alimento disponível nas horas mais frescas do dia (WEST, 1999; PIRES, 2006).

Wang et al. (2010) suplementaram vacas holandesas com ácidos graxos saturados no meio da lactação, mantidas sob estresse por calor e verificaram que diminuiu a temperatura corporal nas horas mais quentes do dia, aumentou a produção de leite (26,4 kg/vaca/dia x 28,6 kg/vaca/dia), o teor de gordura e de sólidos totais.

## **Fornecimento de água**

A água é o nutriente mais importante para vacas de leite e seu consumo voluntário depende da quantidade de matéria seca ingerida e da temperatura ambiente. Em estudo realizado por Meyer et al. (2004) com vacas Holandesas com produções médias de 31,1 kg/leite/dia, num ambiente com temperatura média de 8,6 °C, o consumo médio de água foi de 81,5 kg/vaca. Identificou ainda que para cada aumento em um grau Celsius na temperatura há aumento na ingestão de água de 1,52 kg/dia. A regressão identificou que para cada quilo de leite produzido necessita-se de uma demanda adicional de água de 1,30 kg.

Cardot et al. (2008) avaliaram o consumo de água de vacas Holandesas com produção média de 26,5 kg e registraram consumo médio de 83,6 L/dia em temperatura ambiente média de 3,8 °C. Como era período de inverno, a temperatura impactou pouco no modelo de predição de ingestão de água. Kume et al. (2010), trabalhando com vacas holandesas em câmaras metabólicas com ambiente constante (20 °C e 60% de umidade), verificaram que houve produção de 29,5 kg/leite/dia e consumo de 77,6 kg de água por dia, observaram ainda que para cada aumento de um quilo de leite produzido ocorreu aumento de ingestão de 2,6 kg/água/dia.

O consumo de água de vacas Jersey- Holandês a pasto e confinadas na Nova Zelândia foi comparado. No ambiente a pasto com temperatura entre 19 °C e 24 °C, as vacas consumiram em média 41,3 L de água e

produziram 19 kg de leite. Quando confinadas em temperatura variando de 23 °C a 29 °C, consumiram entre 60,1 L/vaca/dia a 78,2 L/vaca/dia de água e produziram de 15,9 kg/leite/vaca/dia a 16,7 kg/leite/vaca/dia. O menor consumo a pasto ocorreu em função dos períodos chuvosos quando a ingestão de água diminuiu (MORRIS et al. 2010).

Em regiões tropicais, pastos com acesso às áreas ribeirinhas de rios e córregos são atraentes por fornecerem forrageiras palatáveis, água, sombra e abrigo. Com microclima favorável nas áreas de mata ciliar e entorno, os animais com menor adaptação permanecem maior tempo em pastejo ou buscam o arrefecimento corporal (permanecem mais tempo em água corrente para ajudar a regular a temperatura do corpo), resultando em consequências indesejáveis, como superpastejo dessas áreas, pisoteio no curso d'água, erosão e contaminação da água com nutrientes, patógenos e sedimentos, bem como, afetando a morfologia, a hidrologia, as propriedades ribeirinhas do solo, a vegetação e a fauna aquática e ribeirinha (SCHÜTZ, 2012). Dessa forma, há inúmeras desvantagens dessa prática. Recomenda-se cercar o entorno dos cursos de água para impedir o acesso dos bovinos. Essas áreas são delimitadas pela Lei 12.651, de 2012, como área de preservação permanente (APP). Para garantir condições adequadas de dessedentação e conforto térmico animal, recomenda-se distribuir os bebedouros na pastagem e disponibilizar acesso à sombra natural ou artificial.

## Considerações Finais

Nos sistemas de produção de leite a pasto em que ocorrem combinação de vacas de média a alta produção, genótipos pouco adaptados ao calor, em condições ambientais de maiores temperatura, umidade e incidência de radiação solar, é muito importante oferecer conforto térmico para obter melhores resultados na produção e composição do leite e reprodução.



## Referências

- AINSWORTH, J. A. W.; MOEA, S. R.; SKARPE, C. Pasture shade and farm management effects on cow productivity in the tropics. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 155, p. 105-110, 2012.
- ARMSTRONG, D. V. Heat stress interaction with shade and cooling. **Journal of Dairy Science**, v. 77, n. 7, p. 2044-2050, 1994.
- AVENDAÑO-REYES, L. Heat stress management for milk production in arid zones. In: CHAIYABUTR, N. (Ed). **Milk production - an up-to-date overview of animal nutrition, management and health**. Rijeka: Intech, 2012. cap. 9, p. 165-184. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.5772/51299>>. Acesso em: 30 out. 2017.
- AVENDAÑO-REYES, L.; ALVAREZ-VALENZUELA, F. D.; CORREA-CALDERÓN, A.; SAUCEDO-QUINTERO, J. S.; ROBINSON, P. H.; FADEL, J. G. Effect of cooling holstein cows during the dry period on postpartum performance under heat stress conditions. **Livestock Science**, v. 105, n. 1-3, p. 198-206, 2006.
- AYRES, G. F. BORTOLETTO, N.; MELO JUNIOR, M.; HOOPER, H. B.; NASCIMENTO, M. R. B. de M.; SANTOS, R. M. dos. Efeito da estação do ano sobre a taxa de concepção e perda gestacional em vacas leiteiras mestiças. **Bioscience Journal**, v. 30, n. 4, p. 866-872, 2014.
- BACCARI JÚNIOR, F. **Manejo ambiental da vaca leiteira em climas quentes**. Londrina: Universidade Estadual de Londrina, 2001. 142 p.
- BAÊTA, F. C.; MEADOR, N. F.; SHANKLIN, M. D. Equivalent temperature index at temperatures above the thermoneutral for lactating cows. **Transactions of the ASAE**, n. 8874015, p. 1-21, 1987.
- BAÊTA, F. C.; SOUZA, C. F. **Ambiência em edificações rurais: conforto animal**. 2. ed. Viçosa: Ed. UFV, 2010. 269 p.
- BANDARANAYAKA, D. D.; HOLMES, C. W. Changes in the composition of milk and rumen contents in cows exposed to a high ambient temperature with controlled feeding. **Tropical Animal Health and Production**, v. 8, n. 1, p. 38-46, 1976.
- BAO-TARRAGÓ, O. F.; RODRIGUES, M. P.; ZAFFALON, F. G.; ANDRADE, A. F. C. de; NETO, P. F.; ALONSO, M. A.; ARRUDA, R. P. de. Effect of shadow availability at pasture on reproductive traits of Nelore bulls (*Bos indicus*) raised in southeastern Brazil. **Brazilian Journal Veterinary Research Animal Science**, v. 50, n. 6, p. 482-487, 2013.
- BERMAN, A. Invited review: are adaptations present to support dairy cattle productivity in warm climates? **Journal of Dairy Science**, v. 94, n. 5, p. 2147-2158, 2011.
- BIANCA, W. Reviews of the progress of dairy science. Section A. Physiology of cattle in hot environment. **Journal of Dairy Research**, v. 32, n. 1, p. 291-245, 1965.

BLACKSHAW, J. K.; BLACKSHAW, A. W. Heat stress in cattle and the effect of shade on production and behaviour: a review. **Australian Journal of Experimental Agriculture**, v. 34, n. 2, p. 285-295, 1994.

BOHMANOVA, J.; MISZTAL, I.; COLE, J. B. Temperature-humidity indices as indicators of milk production losses due to heat stress. **Journal of Dairy Science**, v. 90, n. 4, p. 1947-1956, 2007.

BUCKLIN, R. A.; BEEDE, D. K.; BRAY, E. R. Methods to relieve heat stress for dairy cows in hot, humid climates. **Applied engineering in agriculture**, v. 7, n. 2, p. 241-247, 1991.

BUFFINGTON, D. E.; COLLIER, R. J.; CANTON, G. H. Shade management systems to reduce heat stress for dairy cows in hot, humid climates. **Transactions of the ASABE**, v. 26, n. 6, p. 1798-1802, 1983. Disponível em: <doi: 10.13031/2013.33845>. Acesso em: 9 nov. 2017.

BURTON, J. L.; MCBRIDE, B. W.; BLOCK, E.; GLIMM, D. R.; KENNELLY, J. J. A review of bovine growth hormone. **Canadian Journal Animal Science**, v. 74, p. 167-201, 1994.

CARDOT, V.; LE ROUX, Y.; JURJANZ, S. Drinking behavior of lactating dairy cows and prediction of their water intake. **Journal of Dairy Science**, v. 91, n. 6, p. 2257-2264, 2008.

CARVALHO, F. A.; LAMMOGLIA, M. A.; SIMÕES, M. J.; RANDEL, R. D. Breed effects thermoregulation and epithelial morphology in imported and native cattle subjected to heat stress. **Journal of Animal Science**, v. 73, n. 12, p. 3570-3573, 1995.

CERUTTI, W. G.; BERMUDEZ, R. F.; VIÉGAS, J.; MARTINS, C. M. M. Physiological and productive responses of Holstein cows in fosterage submitted or not to shading and aspersion in premilking. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v. 14, n. 3, p. 406-412, 2013.

COLLIER, R. J.; DAHL, G. E.; VANBAALE, M. J. Major advances associated with environmental effects on dairy cattle. **Journal of Dairy Science**, v. 89, n. 4, p. 1244-1253, 2006.

COLLIER, R. J.; DOELGER, S. G.; HEAD, H. H.; THATCHER, W. W.; WILCOX, C. J. Effects of heat stress during pregnancy on maternal hormone concentrations, calf birth weight and postpartum milk yield of holstein cows. **Journal of Animal Science**, v. 54, n. 2, p. 309-319, 1982.

DIAS E SILVA, T. P.; OLIVEIRA, R. G.; SOUSA JÚNIOR, S. C.; SANTOS, K. R. Efeito da exposição à radiação solar sobre parâmetros fisiológicos e estimativa do declínio na produção de leite de vacas mestiças (Holandês X Gir) no sul do estado do Piauí. **Comunicata Scientiae**, v. 3, n. 4, p. 299-305, 2012.

DIKMEN, S.; HANSEN, P. J. Is the temperature-humidity index the best indicator of heat stress in lactating dairy cows in a subtropical environment? **Journal of Dairy Science**, v. 92, n. 1, p. 109-116, 2009.

DIRKSEN, G.; GRÜNDER, H. D.; STÖBER, M. **Exame clínico dos bovinos**. 3. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1993. 419 p.

FEITOSA, F. L. F. Exame físico geral ou de rotina. In: FEITOSA, F. L. F. **Semiologia veterinária: a arte do diagnóstico**. 2. ed. São Paulo: Roca, 2008. p. 68-69.

FERREIRA, R. M.; AYRES, H.; CHIARATTI, M. R.; FERRAZ, M. L.; ARAÚJO, A. B.; RODRIGUES, C. A.; WATANABE, Y. F.; VIREQUE, A. A.; JOAQUIM, D. C.; SMITH, L. C.; MEIRELLES, F. V.; BARUSELLI, P. S. The low fertility of repeat-breeder cows during summer heat stress is related to a low oocyte competence to develop into blastocysts. **Journal Dairy Science**, v. 94, n. 5, p. 2383-2392, 2011.

FISHER, A. D.; ROBERTS, N.; BLUETT, S. J.; VERKERK, G. A.; MATTHEWS, L. R. Effects of shade provision on the behaviour, body temperature and milk production of grazing dairy cows during a New Zealand summer. **New Zealand Journal of Agricultural Research**, v. 51, p. 99-105, 2008.

FLAMENBAUM, D.; WOLFENSON, M.; MAMEN, A.; BERMAN, A. Cooling dairy cattle by a combination of sprinkling and forced ventilation and its implementation in the shelter system. **Journal of Dairy Science**, v. 69, n. 12, p. 3140-3147, December 1986.

FUQUAY, J. W. Heat stress and it affects animal production. **Livestock Environment**, v. 2, p. 1133-1137, 1997.

FUQUAY, J. W. Heat stress as it affects animal production. **Journal of Animal Science**, v. 52, p. 164-182, 1981.

GARCIA-ISPIERTO, I.; LOPEZ-GATIUS, F.; SANTOLARIA, P.; YANIZ, J. L.; NOGAREDA, C.; LOPEZ-BEJAR, M.; RENSIS, F. de. Relationship between heat stress during the peri-implantation period and early fetal loss in dairy cattle. **Theriogenology**, v. 65, n. 4, p. 799-807, march 2006.

GAUGHAN, J.; GOOPY, J.; SPARK, J. **Excessive heat load index for feedlot cattle**. Sydney: meat and livestock Australia, 2002. (Meat and Livestock-Australia Project Report, 316).

HAHN, G. L.; PARKHURST, A. M.; GAUGHAN, J. B. **Cattle respiration rate as a function of ambient temperature**. St Joseph: ASAE, 1997. (ASAE Paper N° MC97-121).

HAMMAMI, H.; BORMANN, J.; M'HAMDI, N.; MONTALDO, H. H.; GENGLER, N. Evaluation of heat stress effects on production traits and somatic cell score of Holsteins in a temperate environment. **Journal of Dairy Science**, v. 96, n. 3, p. 1844-55, 2013.

HANSEN, P. J. Cellular and molecular basis of therapies to ameliorate effects of heat stress on embryonic development in cattle. **Animal Reproduction**, v. 10, n. 3, p. 322-333, Jul./Sept. 2013.

HANSEN, P. J. Physiological and cellular adaptations of zebu cattle to thermal stress. **Animal Reproduction Science**, v. 82-83, p. 349-360, 2004.

HOLTER, J. B.; WEST, J. W.; MCGILLIARD, M. L. Predicting ad libitum dry matter intake and yield of Holstein cows. **Journal Dairy Science**, v. 80, n. 09, p. 2188-2199, 1997.

HOUGHTON, F. C.; YAGLOU, C. P. Determining equal comfort lines. **Journal of the American Society of Heating and Ventilating Engineers**, v. 29, p. 165-176, 1923.

HUBER J. T. Alimentação de vacas de alta produção sob condições de estresse térmico. In: PEIXOTO, A. M.; MOURA, J. C.; FARIA, V. P. **Bovinocultura leiteira**. Piracicaba: FEALQ, 1990. p. 33-48.

JOKSIMOVIĆ-TODOROVIĆ, M.; DAVIDOVIĆ, V.; HRISTOV, S.; STANKOVIĆ, B. Effect of heat stress on milk production in dairy cows. **Biotechnology in Animal Husbandry**, v. 27, n. 3, p. 1017-1023, 2011.

KARVATTE JUNIOR, N.; KLOSOWSKI, E. S.; ALMEIDA, R. G. de; MESQUITA, E. E.; OLIVEIRA, C. C. de; ALVES, F. V. Shading effect on microclimate and thermal comfort indexes in integrated crop-livestock-forest systems in the Brazilian Midwest. **International Journal of Biometeorology**, v. 60, p. 1933-1941, 2016.

KADZERE, C. T.; MURPHYA, M. R.; SILANIKOVE, N.; MALTZ, E. Heat stress in lactating dairy cows: a review. **Livestock Production Science**, v. 77, n. 1, p. 59-91, 2002.

KENDALL, P. E.; NIELSEN, P. P.; WEBSTER, J. R. The effects of providing shade to lactating dairy cows in a temperate climate. **Livestock Science**, v. 103, p. 148-157, 2006.

KHONGDEE, S.; SRIPOON, S.; CHOUSAWAI, S.; HINCH, G.; CHAIYABUTR, N.; MARKVICHITR, K.; VAJRABUKKA, C. The effect of modified roofing on the milk yield and reproductive performance of heat-stressed dairy cows under hot-humid conditions. **Animal Science Journal**, v. 81, p. 606-611, 2010.

KUME, S.; NONAKA, K.; OSHITA, T.; KOZAKAI, T. Evaluation of drinking water intake, feed water intake and total water intake in dry and lactating cows fed silages. **Livestock Science**, v. 128, n. 1-3, p. 46-51, 2010.

LEME, T. M. S. P.; PIRES, M. de F. A.; VERNEQUE, R. S.; ALVIM, M. J.; AROEIRA, L. J. M. Comportamento de vacas mestiças holandês x zebu, em pastagem de *Brachiaria decumbens* em sistema silvipastoril. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 29, n. 3, p. 668-675, maio/jun. 2005.

LEROY, J. L. M. R.; VANHOLDER, T.; OPSOMER, G.; SOOM, A. V.; KRUIF, A. de. The *in vitro* development of bovine oocytes after maturation in glucose and  $\beta$ -hydroxybutyrate concentrations associated with negative energy balance in dairy cows. **Reproduction in Domestic Animal**, v. 41, n. 2, p. 119-123, 2006.

MANNA, A. L.; ROMÁN, L.; BRAVO, R.; AGUILAR, I. **Manejo de estrés térmico en ganado lechero**. La Estanzuela: INIA, 2014. 31 p. (Serie Actividades de Difusión no 728). Disponível em: < [http://www.produccion-animal.com.ar/produccion\\_bovina\\_de\\_leche/produccion\\_bovina\\_leche/233-estres\\_termico.pdf](http://www.produccion-animal.com.ar/produccion_bovina_de_leche/produccion_bovina_leche/233-estres_termico.pdf) >. Acesso em: 1 set. 2014.

MARTELLO, L. S.; SAVASTANO JÚNIOR, H.; LUZ E SILVA, S. D. A.; TITTO, E. A. L. Respostas fisiológicas e produtivas de vacas holandesas em lactação submetidas a diferentes ambientes. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 33, n.1, p. 181-191, 2004.

MEYER, U.; EVERINGHOFF, M.; DIETER, G. A. D.; FLACHOWSKY, G. Investigations on the water intake of lactating dairy cows. **Livestock Production Science**, v. 90, p. 117-121, 2004.

MORRIS, C. A.; HICKEY, S. M.; THOM, E. R.; WAUCH, C. D. Daily water intake by individual dairy cows on a pasture diet during mid lactation. **Proceedings of the New Zealand Society of Animal Production**, v. 70, p. 257-260, 2010.

NÃÃS, I. A.; ARCARO JÚNIOR, I. Influência de ventilação e aspersão em sistemas de sombreamento artificial para vacas em lactação em condições de calor. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 5, n. 1, p. 139-142, 2001.

NÃÃS, I. A. **Princípios de conforto térmico na produção animal**. São Paulo: Ed. Ícone, 1989. 183 p.

NAVARINI, F. C.; KLOSOWSKI, E. S.; CAMPOS, A. T.; TEIXEIRA, R. de A.; ALMEIDA, C. P. Conforto térmico de bovinos da raça nelore sob diferentes condições de sombreamento e a pleno sol. **Engenharia Agrícola**, v. 29, n. 4, p. 508-517, out./dez. 2009.

NIDUMOLU, U.; CRIMP, S.; GOBBETT, D.; LAING, A.; HOWDEN, M.; LITTLE, S. **Heat stress in dairy cattle in northern Victoria: responses to a changing climate**. Adelaide: CSIRO, 2011. 61 p. (CSIRO. Climate Adaptation Flagship Working Paper, 10).

OLIVEIRA, N. M.; REZENDE, M. P. G.; ABREU, U. G. P.; ROSA, A. N.; STERZA, F. de A. M. FIALHO, A. L. L. Environmental effects on reproductive performance of Nelore cows widely raised in the Cerrado/Pantanal ecotone. **Acta Scientiarum, Animal Science**, Maringá, v. 37, n. 1, Jan./Mar. 2015.

PACIULLO, D. S. C.; PIRES, M. F. A.; AROEIRA, L. J. M.; MORENZ, M. J. F.; MAURÍCIO, R. M.; GOMIDE, C. A. M.; SILVEIRA, S. R. Sward characteristics and performance of dairy cows in organic grass-legume pastures shaded by tropical trees. **Animal**, v. 8, n. 8, p. 1264-1271, 2014.

PACIULLO, D. S. C.; GOMIDE, C. A. M.; CASTRO, C. R. T. Características produtivas e nutricionais do pasto em sistema agrossilvipastoril, conforme a distância das árvores. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 46, n. 10, p. 1176-1183, 2011.

PEREIRA, A. R.; ANGELOCCI, L. R.; SENTELHAS, P. C. **Metereologia Agrícola**. 2. ed. Piracicaba: ESALQ/USP, 2007. 192 p.

PIRES, M. de F. Á. **Manejo nutricional para evitar o estresse calórico**. Juiz de Fora: Embrapa Gado de Leite, 2006. 4 p. (Embrapa Gado de Leite. Comunicado Técnico, 52).

PIRES, M. de F. A.; CAMPOS, A. T. de. **Modificações ambientais para reduzir o estresse calórico em gado de leite**. Juiz de Fora: Embrapa Gado de Leite, 2004. 6 p. (Embrapa Gado de Leite. Comunicado Técnico, 42).

PIRES, M. F. A.; FERREIRA, A. M.; SATURNINO, H. M.; TEODORO, R. L. Taxa de gestação em fêmeas da raça Holandesa confinadas em free stall, no verão e inverno. **Arquivo Brasileiro Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 54, p. 57-63, 2002.

PIRES, M. F. Á.; PACIULLO, D. S. C.; PIRES, J. A. A. Conforto animal no Sistema Integração Lavoura-Pecuária-Floresta. **Informe Agropecuário**, v. 31, p. 91-98, 2010.

RAVAGNOLO, O.; MISZTAL, I. Genetic component of heat stress in dairy cattle, parameter estimation. **Journal of Dairy Science**, v. 83, p. 2126-2130, 2000.

RENAUDEAU, D.; COLLIN, A.; YAHAV, S.; BASILIO, V.; GOURDINE, J. L.; COLLIER, R. J. Adaptation to hot climate and strategies to alleviate heat stress in livestock production. **Animal**, v. 6, n. 5, p. 707-728, 2012.

RENNA, M.; LUSSIANA, C.; MALFATTO, V.; MIMOSI, A.; BATTAGLINI, L. M. Effect of exposure to heat stress conditions on milk yield and quality of dairy cows grazing on alpine pasture. 9th European IFSA Symposium, 4-7 July 2010, Vienna (Austria).

RENSIS, F. D.; SCARAMUZZI, R. J. Heat stress and seasonal effects on reproduction in the dairy cow: a review. **Theriogenology**, v. 60, p. 1139-1151, 2003.

RICCI, G. D.; ORSI, A. M.; DOMINGUES, P. F. Estresse calórico e suas interferências no ciclo de produção de vacas de leite: revisão. **Veterinária e Zootecnia**, v. 20, n. 3, p. 9-18, 2013.

ROCHA, D. R.; SALLES, M. G. F.; MOURA, A. A. N. Impacto do estresse térmico na reprodução da fêmea bovina. **Revista Brasileira Reprodução Animal**, v. 36, n. 1, p. 18-24, 2012.

ROMAN-PONCE, H.; THATCHER, W. W.; CATON, D.; BARRON, D. H.; WILCOX, C. J. Thermal stress effects on uterine blood flow in dairy cows. **Journal Animal Science**, v. 46, p. 175-180, 1978.

SARTORI, R.; SARTOR-BERGFELT, R.; MERTENS, S. A. Fertilization and early embryonic development in heifers and lactating cows in summer and lactating and dry cows in winter. **Journal of Dairy Science**, v. 85, n. 11, p. 2803-2812, 2002.

SCHÜTZ, K. E.; COX, N. R.; TUCKER, C. B. A field study of the behavioral and physiological effects of varying amounts of shade for lactating cows at pasture. **Journal of Dairy Science**, v. 97, n. 6, p. 3599-3605, 2014.

SCHÜTZ, K. **Effects of providing clean water on the health and productivity of cattle**. **Agresearch**: farming, food and health. Report for Northland Regional Council. p. 1-23, 2012. Disponível em: <<http://www.envirolink.govt.nz/PageFiles/820/1051-NLRC142%20Effects%20of%20providing%20clean%20water%20on%20the%20health%20and%20productivity%20of%20cattle.pdf>>. Acesso em: 6 set. 2016.

SCHÜTZ, K. E.; ROGERS, A. R.; POULOUIN, Y. A.; COX, N. R.; TUCKER, C. B. The amount of shade influences the behavior and physiology of dairy cattle. **Journal of Dairy Science**, v. 93, n. 1, p. 125-133, 2010.

SILVA C. F.; SARTORELLI, E. S.; CASTILHO, A. C.; SATRAPA, R. A.; RAZZA, E. M.; TICIANELLI, J. S.; EDUARDO, H. P.; LOUREIRO, B.; BARROS, C. M. Effects of heat stress on development, quality and survival of *Bos indicus* and *Bos taurus* embryos produced in vitro. **Theriogenology**, v. 79, n. 2, p. 351-357, 2013.

SILVA, R. G. **Biofísica ambiental**: os animais e seu ambiente. Jaboticabal: FUNEP, 2008. 393 p.

SILVA, R. G. **Introdução à bioclimatologia animal**. São Paulo: Nobel, 2000. 286 p.

SILVA, R. G.; MAIA, A. S. C. **Principles of Animal Biometeorology**. 2. ed. Springer: 2013. 283 p. (eBook)

SILVA R. G.; MAIA, A. S. C.; COSTA, L. L. M.; QUEIROZ, J. P. A. F. Latent heat loss of dairy cows in an equatorial semi-arid environment. **International Journal of Biometeorology**, v. 56, n. 5, p. 927-932, 2012.

SILVA, R. G.; MORAIS, D. A. E. F.; GUILHERMINO, M. M. Evaluation of thermal stress indexes for dairy cows in tropical regions. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 36, n. 4, p. 1192-1198, 2007.

SMITH, D. L.; SMITH, T.; RUDE, B. J.; WARD, S. H. Short communication: comparison of the effects of heat stress on milk and component yields and somatic cell score in Holstein and Jersey cows. **Journal of Dairy Science**, v. 96, n. 5, p. 3028-3033, 2013.

SMITH, B. P. **Tratado de medicina veterinária interna de grandes animais**. São Paulo: Manole, 1993. 900 p.

SONNA, L. A.; FUJITA, J.; GAFFIN, S. L.; LILLY, C. M. Invited review: effects of heat and cold stress on mammalian gene expression. **Journal of Applied Physiology**, v. 92, n. 4, p. 1725-1742, 2002.

SOUZA, W.; BARBOSA, O. R.; MARQUES, J. A.; COSTA, M. A. T.; GASPARINO, E.; LIMBERGER, E. Microclima em sistemas silvipastoris com eucalipto em renques com diferentes alturas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 39, n. 3, p. 685-694, 2010.

SOUZA, F. R.; CAMPOS, C. C.; SILVA, N. A. M.; SANTOS, R. M. Influence of seasonality, timing of insemination and rectal temperature on conception rate of crossbred dairy cows. **Semina Ciências Agrárias**, v. 37, p. 155-162, 2016.

STÖBER, M. Identificação, anamnese, regras básicas da técnica de exame clínico geral. In: DIRKSEN, G.; GRÜNDER, H.D.; STÖBER, M. **Exame clínico dos bovinos**. 3. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1993. cap. 2, p. 44-80.

ST-PIERRE, N. R.; COBANOV, B.; SCHNITKEY, G. Economic losses from heat stress by us livestock industries. **Journal of Dairy Science**, v. 86, p. 52-77. E. Suppl., 2003.

SUTTON-MCDOWALL, M. L.; GILCHRIST, R. B.; THOMPSON, J. G. The pivotal role of glucose metabolism in determining oocyte developmental competence. **Reproduction**, v. 139, p. 685-695, 2010.

THOM, E. C. Cooling degrees-days air conditioning, heating, and ventilating. **Transactions of the ASAE**, v. 55, n. 7, p. 65-72, 1958.

TITTO, E. A. L. Clima: influência na produção de leite. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE AMBIÊNCIA NA PRODUÇÃO DE LEITE, 1., 1998, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: Fundação de Estudos Agrários Luiz de Queiroz, 1998. p. 10-23.

TORRES JUNIOR, JR; PIRES, M. F. A.; SÁ, W. F. Effect of maternal heat-stress on follicular growth and oocyte competence in *Bos indicus* cattle. **Theriogenology**, v. 69, n. 2, p. 155-166, 2008.

TURNER, J. W. Genetic and biological aspects of Zebu adaptability. **Journal of Animal Science**, v. 50, n. 6, p. 1201-1205, 1980.

URDAZ, J. H.; OVERTON, M. W.; MOORE, D. A. Technical note: effects of adding shade and fans to a feedbunk sprinkler system for preparturient cows on health and performance. **Journal of Dairy Science**, v. 89, n. 6, p. 2000-2006, 2006.

VALTORTA, S. E.; GALLARDO, M. El Estres por calor en produccion lechera. **Temas de Produccion Lechera**, n. 81, p. 85-112, 1996.

YOUSEF, M. K. Animal stress and strain: definition and measurements. **Applied Animal Behaviour Science**, v. 20, n. 1, p. 119-126, 1988.

WANG, J. P.; BU, D. P.; WANG, J. Q.; HUO, X. K.; GUO, T. J.; WEI, H. Y.; ZHOU, L. Y.; RASTANI, R. R.; BAUMGARD, L. H.; LI, F. D. Effect of saturated fatty acid supplementation on production and metabolism indices in heat-stressed mid-lactation dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v. 93, n. 9, p. 4121-4127, 2010.

WEST, J. W. Nutritional strategies for managing the heat-stressed dairy cow. **Journal of Animal Science**, v. 77, n. 2, p. 21-35. 1999.

WHEELLOCK, J. B.; RHOADS, R. P.; VANBAAL, S. R. Effects of heat stress on energetic metabolism in lactating holstein cows. **Journal of Dairy Science**, v. 93, n. 2, p. 644-655, 2010.

ZIMBLEMAN, R. B.; RHOADS, R. P.; BAUMGARD, L. H.; COLLIER, R. J. Revised temperature humidity index (THI) for high producing dairy cows. **Journal Dairy Science**, v. 92(E-Suppl. 1), n. 347, 2009.





---

*Cerrados*

MINISTÉRIO DA  
**AGRICULTURA, PECUÁRIA  
E ABASTECIMENTO**

